Ueber das

Chiasma nervorum opticorum

bei den Wirbelthieren und beim Menschen.

Inaugural-Dissertation

vorgelegt

der medicinischen Facultät zu Rostock

von

L. Scheel,

pract. Arzt.

Rostock.

1874.

Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben in Rostock.

Ueber die Kreuzung der Sehnerven im Chiasma bei den Wirbelthieren und beim Menschen.

Die Frage, wie sich im Chiasma opticum der Wirbelthiere die beiden Sehnervenstämme in ihrer anatomischen Lagerung zu einander verhalten, ist durch die neuesten diesen Gegenstand behandelnden Arbeiten von Mandelstamm[1]) und Michel[2]) in ein neues Stadium getreten, nachdem bereits vor ihnen Biesiadecki[3]) zu ganz ähnlichen Resultaten gelagt war, ohne jedoch, wie es scheint, mit seinen damals noch alleinstehenden Ansichten eine Beachtung in weiteren Kreisen zu finden. Diese drei Autoren verwerfen auf Grund histologisch- und pathologisch-anatomischer Untersuchungen die bisher, mit unwesentlichen Modificationen, allgemein geltende Lehre von der Semidecussation der Sehnerven im Chiasma als eine auf Irrthum beruhende und durch keine physiologische und anatomische

---

[1]) Mandelstamm. Ueber Sehnervenkreuzung und Hemiopie. Archiv f. Ophthalm. XIX. 2. pag. 39 bis 58.

[2]) Michel. Ueber den Bau des Chiasma nervorum opticorum. Archiv f. Ophthalm. XIX. 2. pag. 59 bis 84.

[3]) v. Biesiadecki. Ueber das Chiasma nervorum opticorum des Menschen und der Thiere. Sitzungsbericht der kaiserl. Academie der Wissenschaften. Mathem.-naturwissenschaftl. Classe. Bd. 42. 1861. pag. 86 bis 102.

Hülfsmittel erfolgreich zu vertheidigeude Ansicht und erklären eine vollständige Kreuzung aller Nervenfasern des einen Tractus opticus mit denen des anderen, so dass alle Fasern des rechten Tractus zum linken, alle Fasern des linken Tractus zum rechten Auge gehen, als zweifellos bestehend.

Bei der Zahl und Bedeutung der älteren, in entgegengesetztem Sinne aufgestellten Behauptungen, und um den mancherlei Zweifeln, die in Folge dessen noch jetzt gegen diese vollständige Kreuzung bestehen werden, gerecht zu werden, dürften weitere Untersuchungen in dieser Sache von Interesse sein, besonders auch, weil die Deutung der bedingenden Momente für die verschiedenen Formen der Hemiopie durch die Resultate jener neueren Untersuchungen, im Falle ihrer Bestätigung, eine andere, einfachere und näher liegende werden dürfte.

Aus der reichen Literatur über das Chiasma nervorum opticorum, soweit sie uns zu Gebote stand, möge es gestattet sein, einen kurzen Ueberblick über die Wandlungen, welche die Lehre über das Verhalten der Sehnerven im Chiasma im Laufe der Zeit erfuhr, den eigenen Untersuchungen voranzuschicken.

In den ältesten Zeiten finden wir zwei einander entgegenstehende Ansichten vertreten, von denen die früheste, noch vor Galen [1]), der sich gegen dieselbe erklärte, eine vollständige Kreuzung der Nerven im Chiasma beim Menschen annimmt, ohne dass wir jedoch Andeutungen haben, in welcher Weise man sich die Kreuzung dachte, ob als einfache kreuzweise Uebereinanderlagerung der ganzen ungetheilten Nervenstämme, oder als Durchkreuzung mit Durcheinanderschiebung und Durchflechtung aller Fasern des einen Stammes mit denen des anderen. Diese Ansicht wurde zu Ende des vorigen Jahrhunderts aufs Neue von

---

[1]) Galenus, de usu part. lib. X. Cap. 12.

Sömmering[1]), Ebel[2]) und Nöthig[3]) ans Licht gezogen und als vollständige Durchkreuzung bestätigt. Ihnen stimmte etwas später J. G. Walter[4]) bei, der am Durchkreuzungsort die Nervenfäden beider Sehnerven sich zugleich unter einander verbinden lässt.

Dieser vollständigen Kreuzung steht die von Galen, Vesal, Varolius[5]), Santorini, Alph. Monro, Zinn, Vicq d'Azyr und anderen, weniger hervorragenden Anatomen vertretene Ansicht gegenüber, dass die Sehnerven im Chiasma sich einfach ohne Kreuzung nur aneinanderlegen, indem die Fasern des rechten Tractus zum rechten, die des linken Tractus zum linken Auge verlaufen.

Eine dritte Erklärung der Verhältnisse im Chiasma wurde gegeben von Caldani, Ackermann[6]), Michaelis, Wenzel[7]), Weber[8]) u. A., die eine nur theilweise Kreuzung der Sehnerven des Menschen, und zwar der inneren Bündel, constatirten, während die äusseren Bündel jedes Tractus zum Auge derselben Seite verlaufen sollten. Auch Wollaston[9]) hat aus gewissen Fällen von Hemiopie (W. litt selbst zeitweise an Hemiopie), die er sich durch Annahme einer Lähmung einer der Wurzeln des Chiasma erklärte, auf ein ähnliches

---

[1]) S. T. Sömmering resp. F. N. Nöthig. Dissert. de decussatione nerv. opt. Moguntiae 1786 (Ludwig, script. neurol. min. Bd. I.).

[2]) Ebel, Ludwig, script. neurol. min. Bd. III. pag. 153.

[3]) Nöthig, s. ad [1]).

[4]) J. G. Walter. Von der Einsaugung und Durchkreuzung der Sehnerven. Berlin 1794, pag. 97.

[5]) Constant. Varolii. Anatomes lib. I. pag. 14. Frankfurt 1591.

[6]) Ackermann, J. F. De nervorum opt. inter se nexu. Blumenbach's Bibl. III. 2.

[7]) Wenzel, de penitiori cerebri structura. Cap. XI. pag. 109.

[8]) Weber. Anatomisch-physiolog. Erklärung der Sinnesverrichtung des Gesichts. Reil's Archiv Bd. VI. Heft 2. pag. 282—326.

[9]) W. H. Wollaston. On semidecussation of the optic nerves. Philos. transactions 1824. P. I.

Verhalten der Sehnerven schliessen zu müssen geglaubt. Er nahm an, dass der ganze Tractus jeder Seite sich in zwei Arme theile, deren äusserer zur äusseren Hälfte des gleichseitigen Auges, deren innerer zur inneren Seite des entgegengesetzten Auges gehen sollte. Eine durchgreifende Bedeutung gewann jedoch die Lehre von der Semidecussation erst mit Johannes Müller[1]), der sie bald zur ausschliesslichen Geltung brachte. Joh. Müller erklärte die Identität der Empfindung beider Netzhäute durch die Annahme: „Alle unter sich differenten Urtheile eines Sehnerven müssen in ihrem Ursprunge mit den ihnen ausschliesslich identischen und unter sich selbst differenten Urtheilen oder Faserungen des anderen Sehnerven vereinigt sein." Er nahm in Folge dessen an, dass im Chiasma „jede Faser sich continuirlich theilt in einen fortlaufenden und in einen kreuzenden Zweig, welche zu beiden Augen gelangend, dort die identischen Urtheile der Netzhäute bilden; wie sich die Fasern in der Wurzel des Chiasma folgen, so folgen sich auch die identischen Fasern in dem einen und anderen Sehnerven." Müller giebt jedoch wenige Zeilen weiter zu: „Durch anatomische Untersuchungen kann ich diese Bildung des Chiasma nicht beweisen, wohl aber wahrscheinlich machen." Er untersuchte das Chiasma nach 24stündigem Liegen in concentrirter Salzsäure auf Horizontalschnitten mit schwacher Vergrösserung, eine Methode, die wohl nicht zu beweisenden Resultaten führen konnte. Müller erkannte auch später [2]) selbst an, dass seiner oben erwähnten Voraussetzung die Thatsachen nicht ganz entsprächen, nachdem Treviranus[3]) und Volkmann[4])

[1]) Joh. Müller. Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns der Menschen und der Thiere u. s. w. Leipzig 1826.

[2]) Joh. Müller's Archiv 1837. pag. XV.

[3]) G. R. Treviranus. Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organ. Lebens. Bremen 1835. 1. Bd. II. Heft. pag. 62.

[4]) Volkmann. Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinns. Leipzig 1836. II. 10.

kurz vorher diese Fasertheilung im Chiasma für in Wirklichkeit nicht bestehend erklärt, wohl aber die theilweise Kreuzung, d. h. die Kreuzung der inneren Faserbündel jedes Tractus mit denen des anderen, ausgesprochen hatten. Auch Joh. Müller schloss sich dieser Ansicht an, und da sie manche physiologische und pathologische Erscheinungen des Sehens leicht und ohne Zwang erklären lässt, blieb sie bis in die neueste Zeit die maassgebende und fast allgemein anerkannte Lehre.

Eine Modification derselben, die ebenfalls viele Anhänger fand, stellte Hannover[1]) auf. Seine Angaben weichen von der einfachen Semidecussation darin ab, dass er neben der Kreuzung der inneren Fasern, die nach ihm jedoch nur jederseits ein Bündel von etwa $^1/_2$‴ Durchmesser betrifft, und den ungekreuzt zum Auge derselben Seite verlaufenden seitlichen Fasern, noch Faserbündel findet, die commissurenartig im hinteren und vorderen Winkel des Chiasma verlaufend, hinten die Tracti optici, vorn die Nervenstämme verbinden sollen. Beide Commissuren werden von Hannover als etwa $^3/_4$‴ stark angegeben. Diese Commissuren beschreibt auch Fr. Arnold[2]). Ferner hat Hannover noch eine Commissura ansata, bestehend aus einer dünnen Lage von Nervenfasern, die von der Lamina terminalis cinerea herabkommen, den vorderen Winkel und die untere Fläche des Chiasma bedecken und sich in das Tuber cinereum und das Infundibulum verlieren; sie bilden eine etwa 3‴ breite Schlinge, in der das Chiasma ruht. Hannover erkennt in diesen Fasern sehr deutliche und feine Gehirnfasern, während Andere, wie z. B. Biesiadecki, in ihnen nur Sehnenfasern sehen. Das Hannover'sche Schema wurde besonders acceptirt von Sahmen[3]) und

---

[1]) Hannover. Das Auge. Leipzig 1852. pag. 2.

[2]) Fr. Arnold. Anatomie des Menschen. II. 2. pag. 919. Freiburg 1851.

[3]) Sahmen. Disqu. microscop. de chiasmat. opt. textura. Dissert. Dorpat 1854.

Henle[1]), die jedoch beide der Commissura cruciata eine grössere Bedeutung, den Seitenfascikeln eine geringere Mächtigkeit zukommen lassen, als Hannover.

Für die vollständige Kreuzung sprach sich zuerst Biesiadecki aus, 1861. Er untersuchte in Chromsäure gehärtete Chiasmen, theils in Horizontalschnitten, theils nach Einlegen in concentrirte Kalilösung mit Zerzupfen und Abheben der Nervenbündel. Diese Untersuchungen, welche er an Chiasmen vom Menschen und von Wirbelthieren aller Classen vornahm, sowie die mikroskopischen Befunde an Chiasmen einseitig erblindeter Menschen und Thiere, bewogen ihn, sich für die vollständige Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma bei allen Wirbelthieren und beim Menschen auszusprechen.

Diese vollständige Kreuzung bestätigt auch Brown-Séquard[2]) auf Grund zahlreicher Beobachtungen von Gehirnverletzungen mit nachfolgender Amaurose oder Hemiopie. Nach seinen Experimenten an Thieren bedingt Durchschneidung eines Tractus opticus totale Amaurose des Auges der anderen Seite, Durchschneidung des Chiasma in der Medianlinie totale Amaurose beider Augen, welche Resultate beim Bestehen der Semidecussation nicht möglich sein würden.

Neuerdings sind nun durch die fast gleichzeitig erschienenen Arbeiten von Mandelstamm und von Michel die Beobachtungen von Biesiadecki in ihrem vollen Umfange bestätigt. Mandelstamm untersuchte nach Biesiadecki's Methode gehärtete Präparate auf dem Wege der Zerfaserung. Er fand die Hannover'sche Commissura ansata der Hauptmasse nach aus Bindegewebe bestehend; die hintere Commissur bestätigt er, jedoch ist sie vom Chiasma selbst durch graue Rindenmasse abge-

---

[1]) Henle. Nervenlehre II. pag. 345—348. 1873.

[2]) Brown-Séquard. Recherches sur les communications de la rétine avec l'encéphale. Archives de physiol. 1872. pag. 261 u. 262.

grenzt und im Tuber cinereum eingebettet. Horizontalschnitte gaben ihm Bilder einer totalen Kreuzung, jedoch nach seiner Ansicht mehr negativ beweisend, indem an keinem derselben sich ein für Semidecussation sprechender Faserverlauf zeigte. Tractusdurchschneidungen an jungen Kaninchen bewirkten Sehnervenatrophie des entgegengesetzten Auges.

Michel fand für die vollständige Kreuzung besonders überzeugend Horizontalschnitte durch das ganze Chiasma, durch die er beim Menschen eine ganz vollständige Kreuzung der Sehnerven nachwies, ohne irgend welche commissurenartig verlaufende Faserzüge. Er erhält auf Flächenschnitten das Bild eines „Korbgeflechtes". Die von Manchen angenommene hintere Commissur erklärt Michel für eine Täuschung, veranlasst durch die am hinteren Rande des Chiasma in sehr stumpfem Winkel vor sich gehende Kreuzung der innersten Nervenfasern jedes Tractus. Auch bei den Wirbelthieren fand er überall vollständige Kreuzung der Sehnerven, bei den Fischen einfache Uebereinanderlagerung, bei Amphibien und Vögeln blätterförmige Durcheinanderflechtung der Nervenbündel, bei den Säugethieren ebenfalls vollständige Kreuzung in Form eines „sehr zierlichen und zugleich regelmässigen Korb- oder Strohmattengeflechts".

Mittelst Durchschneidung eines Nervus opticus oder Enucleation eines Bulbus suchte Michel Atrophie des betreffenden Nervenstamms herbeizuführen; er nahm jedoch keine neugeborenen Thiere und glaubt auch, dass die Zeit von der Operation bis zur Untersuchung, 2 bis 3 Monate, keine genügend lange war, um beweiskräftige Erfolge zu erlangen. Nur bei dem Chiasma eines Hundes, der mit congenitaler Missbildung des einen Auges behaftet war, fand er Atrophie des betreffenden Nervus opticus, die sich über das Chiasma hinaus auf den Tractus der anderen Seite fortgesetzt hatte.

Wenn nun auch durch die übereinstimmenden Resul-

tate der vier letztgenannten Autoren eine vollständige Kreuzung als Thatsache erwiesen zu sein scheint, so bleibt doch bei den mancherlei kleinen Hindernissen, auf welche wir bei der mikroskopischen Untersuchung des Chiasma, besonders des menschlichen, stossen, bei der Schwierigkeit, die Horizontalschnitte über die ganze Fläche in gleichmässiger Dicke, genau in derselben Ebene und genau in der Horizontalebene zu führen, bei den dunklen und verworrenen Bildern, welche wir besonders auf Schnitten in der Nähe der oberen und unteren Fläche des Chiasma, und hier besonders an den Winkeln desselben, erhalten, noch Raum genug für allerlei Zweifel an der Richtigkeit der erwähnten Thatsache einer vollständigen Kreuzung. Es musste daher die Aufgabe dieser Arbeit sein, auf irgend eine Weise Bilder herzustellen, welche den Modus der Kreuzung besser zu veranschaulichen im Stande sind, als die bisher veröffentlichten, um so zugleich einen weiteren Beweis für oder gegen die vollständige Kreuzung liefern zu können. Dieser Anforderung glaube ich wenigstens bis zu einem gewissen Grade genügt zu haben, indem es mir gelang durch eine von der von Biesiadecki, Mandelstamm und Michel angewandten abweichende Schnittführung Präparate zu gewinnen, denen ich nach meiner Ueberzeugung eine grössere Beweiskraft zusprechen kann, als allen in anderer Weise angefertigten. Sie ergaben bei Amphibien, Vögeln und Säugethieren schon für sich allein, beim Menschen in Verbindung mit Horizontalschnitten, und dem hier von der geraden Richtung abweichenden Verlauf der Nervenfasern bei der Kreuzung im Chiasma in Etwas angepasst, die Art und Weise der Kreuzung in grösster Deutlichkeit. Bei den bisher der mikroskopischen Untersuchung ausschliesslich unterzogenen Horizontal-, Frontal- und Sagittalschnitten durch das Chiasma konnte man stets nur Bilder erhalten, auf denen die Nervenfasern eines jeden Stammes unter demselben, oder doch nahezu gleichem Winkel durchschnitten waren, wie die des anderen,

wodurch ihre Unterscheidung natürlich sehr erschwert wurde. Viel frappanter mussten die Unterschiede in der Richtung der Fasern beider Nervenstämme ausfallen, wenn man einen Schnitt zu führen suchte, der die beiderseitigen Fasern unter möglichst verschiedenem Winkel traf; es musste der eine Nervenstamm der Länge, der andere der Quere nach getroffen werden, welcher Bedingung durch den in Fig. 6 durch eine Linie bezeichneten Schnitt entsprochen wird. Ich untersuchte Chiasmen aus allen Wirbelthierklassen in dieser Weise — mit Ausnahme der Fische, bei denen die Untersuchung über das Verhalten des Chiasma keine besondere Schwierigkeit bietet, — einestheils um ein genügendes Material zur Vergleichung zu gewinnen, anderntheils um eine von Gudden[1]) vor nicht langer Zeit aufgestellte Behauptung in Betracht ziehen zu können. Gudden erklärte sich bei allen Thieren, bei denen das Gesichtsfeld ein nicht beiden Augen gemeinsames ist, für die vollständige Kreuzung der Sehnerven, bei allen anderen (und so auch beim Menschen) sollte nur eine theilweise Kreuzung stattfinden.

Chiasma der Fische.

Zu den Untersuchungen des Chiasma der Fische standen mir nur Knochenfische zu Gebote; für das Chiasma der niedersten Fische, der Knorpelfische, denen man früher ohne Kreuzung direct zum Auge derselben Seite verlaufende Sehnerven zuschrieb, muss ich mich beschränken, auf Langerhans[2]) Bezug zu nehmen, der bei Petromyzon Planeri ein Chiasma mit vollständiger Kreuzung nachwies, welches sich jedoch noch innerhalb der Substanz des Lobus ventriculi tertii befindet. Die zu untersuchenden Theile wurden möglichst frisch herausgenommen, in Müller'scher Lösung 2 bis 3 Tage aufbewahrt und nach 24stün-

[1]) Gudden. Allg. Zeitschrift f. Psychiatrie. Bd. 30. Heft I.

[2]) P. Langerhans. Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg 1873.

digem Liegen in oft erneuertem, reinem Wasser zwei Tage lang in absolutem Alcohol entwässert und erhärtet. Solche Präparate genügen sowohl für die makroskopische, als für die mikroskopische Untersuchung vollkommen.

Bei den Knochenfischen besteht überall eine vollständige Kreuzung, wie sie schon von Carus und Joh. Müller beschrieben wurde, ohne commissurenartig verlaufende, abgezweigte Fasern, und zwar finden wir mit wenigen, noch zu erwähnenden Ausnahmen den einfachsten Typus der Kreuzung, die kreuzweise Uebereinanderlagerung der Sehnervenstämme, indem bald der rechte, bald der linke Sehnerv über dem anderen liegt.

Bei Gadus morrhua treten die Sehnerven dicht neben einander, nur durch einen schmalen Spalt getrennt, aus den Lobis opticis hervor, als von oben nach unten platte Bündel; sie laufen dann eine kurze Strecke parallel und machen unterdessen eine halbe Drehung um ihre Längsachse nach innen, d. h. die vorher zu äusserst gelegenen Fasern gelangen in ihrem weiteren Verlaufe bis zum Chiasma an die obere Fläche jedes Sehnerven, dem Nervenstamm so eine fast runde Form gebend. Die Kreuzung im Chiasma geschieht unter sehr spitzem Winkel, und zwar liegt gewöhnlich, wenigstens unter den von mir untersuchten Exemplaren meistens, der zum linken Auge führende Sehnerv über dem des rechten; die umgekehrte Lagerung beider Nerven scheint seltener vorzukommen. Sie werden durch eine feste sehnige Masse zusammengehalten, welche beide Nervenstämme ringförmig umschliesst, ohne ihnen selbst fest angeheftet zu sein. Diese Bindegewebsmasse umgiebt die Nerven als feste Scheide vom Foramen opticum bis zur Insertion in die Sklera. Ein im Wesentlichen analoges Verhalten finden wir bei Esox lucius und bei Tinca vulgaris; auch bei Perca fluviatilis besteht eine Abweichung davon nur in sofern, als hier der Nerv des rechten Auges in den meisten Fällen über dem des linken gelagert gefunden wurde. Bei Belone vulgaris legt sich

ebenfalls bei der Mehrzahl der untersuchten Exemplare der rechte Sehnerv über den linken, als von oben nach unten platter Strang, der auch nach der Kreuzung noch bis kurz vor seinem Eintritt in die Sklera dieselbe Gestalt behält, erst hier eine mehr ovale Form annehmend. Auch bei Muraena anguilla kreuzen sich die hier äusserst zarten Sehnerven meist mit zu oberst liegendem rechtem Stamm.

Bei Pleuronectes platessa und Solea legt sich der kürzere, zum oben liegenden linken Auge führende Sehnerv über den rechten, zum unteren Auge gehörenden, und zwar war dies Verhalten bei jedem der untersuchten 10 Exemplare stets das gleiche. Die Länge beider Sehnerven verhält sich zu einander ungefähr wie 3 : 4; bei einem Exemplar mittlerer Grösse war der linke Sehnerv 2,2 Ctm., der rechte 3,0 Ctm. lang.

Soweit ich aus dieser meiner Untersuchung mich zu einem Schlusse berechtigt halten kann, ist für jede Species, mit Ausnahme der Pleuronectiden, die Art der Uebereinanderlagerung der Sehnerven, je nachdem der rechte oder der linke sich über den anderen hinweglegt, nicht constant dieselbe, indem neben einer Hauptform Abweichungen von dieser nicht gerade selten vorzukommen scheinen.

Eine Ausnahme von dem einfachen Typus des Fischchiasmas finden wir bei Clupea harengus. Hier geht im Chiasma stets der eine Sehnerv ungetheilt durch einen Spalt in der Masse des anderen hindurch, und zwar tritt bald der Nerv des rechten Auges durch einen Spalt in dem des linken, bald umgekehrt der linke Nerv durch einen Spalt im rechten. Das obere Bündel des gespaltenen Nervenstamms ist stets das kleinere, wenn auch in Bezug auf sein Volumen kleinen Schwankungen unterworfen. In der Regel beträgt sein Durchmesser etwa $^1/_6$ des unteren Bündels; in einem Falle war es etwa $^1/_3$ so stark, wie das untere. Unter 22 Chiasmen von Clupea harengus ging 13 Mal der linke Sehnerv durch den Spalt im rechten,

9 Mal der rechte Sehnerv durch einen Spalt im linken. Die Figuren 1 und 2 veranschaulichen das wechselnde Verhalten des Chiasma. Die nahe liegende Vermuthung, dass das obere kleine Bündel gar keine nervösen Elemente enthalte, sondern nur als eine Art Haftband zur Fixirung des einen Nerven an den anderen zu betrachten sei, — dass wir also im Wesentlichen kein von dem allgemeinen Typus des Fischchiasmas abweichendes Verhalten vor uns haben, wo ja auch das inconstante Lagerungs-Verhältniss der Nerven zu einander die Regel bildet, — bestätigte sich nicht, da bei mikroskopischer Untersuchung eine der Masse des grösseren Bündels ganz analoge Zusammensetzung gefunden wurde. Dieses inconstante Verhalten erscheint um so merkwürdiger, als wir sonst nirgends innerhalb derselben Species eine so weit gehende Formverschiedenheit finden wie hier, zumal da dies gleichwerthige Vorkommen zweier Formen, indem bald der rechte, bald der linke Sehnerv eine Theilung seiner Masse in zwei Bündel erfährt, bei einem so wichtigen Gebilde statt hat, wie doch offenbar der zweite Gehirnnerv ist. Im Uebrigen zeigten die Exemplare, an denen sich diese verschiedenen Formen fanden, durchaus keine Unterschiede, die etwa hätten schliessen lassen können, dass wir es mit einander sehr nahe stehenden Unterarten derselben Familie zu thun hätten; auch das Geschlecht äusserte keinen Einfluss auf diese Erscheinung, indem bei demselben Geschlechte beide Formen fast gleichwerthig neben einander gefunden wurden. Frühere Autoren, welche das Chiasma des Herings einer Untersuchung unterzogen, sprechen nur von einem Durchbohrtsein des einen Nerven von dem anderen, wie z. B. E. H. Weber[1]), der stets den linken Nerven vom rechten durchsetzt fand. Carl Ferd. Wendt[2]) dagegen erklärt

[1]) Weber. Meckel's Archiv 1827. Bd. II.

[2]) C. F. Wendt. De nerv. opt. chiasmate. Dissert. inaug. Rostochii 1838. Wendt gehört für die übrigen Wirbelthierklassen zu den Vertheidigern der Semidecussation.

bei allen, von ihm untersuchten Exemplaren, „partim tantum nervum ab altero perfodi, ambobus nervis digitorum implicatorum instar decussatis. Atque in multis certe accidit, ut sinistri bulbi nervus dextrum perfoderet".

Eine noch weiter gehende Abweichung von dem einfachsten Typus finden wir bei Abramis brama. Hier theilt sich jeder Sehnerv in 2 Bündel, ein kleineres, oberes und ein grösseres, unteres, die sich im Chiasma vollständig kreuzen, und zwar liegt, wie auch Hannover fand, zu oberst das kleine Bündel des zum linken Auge gehenden Nerven, dann folgt das kleine Bündel des anderen, weiter das grössere Bündel des nach links führenden, zu unterst der Haupttheil des rechten Sehnerven. Den Fasciculus dexter, den Hannover direct vom rechten Lobus opticus zum rechten Auge verlaufen sah, sowie den Fasciculus sinister, den er mit einem der anderen Nervenbündel vereinigt vermuthete, vermochte ich nicht nachzuweisen; die Kreuzung ist vielmehr eine ganz vollständige. Die Nerven sind durch ein ungemein festes Bindegewebe zusammengehalten, welches die makroskopische Untersuchung sehr erschwert; man schafft sich am besten an Frontalschnitten durch das Chiasma und das umgebende Bindegewebe durch Behandlung mit sehr verdünnter Kalilauge Aufschluss über die anatomischen Verhältnisse.

Die Commissura arcuata posterior, welche von Carus, Joh. Müller und Hannover zu den Sehnerven gehörig beschrieben wurde, indem sie die Wurzeln derselben mit einander verbinden sollte, besteht zwar, jedoch nicht in der angegebenen Beziehung zu den Sehnervenursprüngen. Sie liegt völlig in der grauen Hirnsubstanz, der Hirnbasis viel näher als die Sehnervenwurzeln, da sie schon mit blossem Auge auf der unteren Fläche als weisser, nach vorn convexer Bogen zu erkennen ist. Auf Horizontalschnitten durch diesen Bogen trifft man deshalb, bei Fortsetzung des Schnittes nach vorn durch die Tracti optici,

diese nicht genau in ihrer Längsrichtung, sondern ziemlich schräge, wie Fig. 3 zeigt.

Chiasma der Amphibien.

Carus lässt die Sehnerven der Amphibien sich im Chiasma vollständig kreuzen und zwar mit Spaltung jedes Sehnerven in mehrere Blätter, die sich zwischen die des anderen schieben; Joh. Müller und Hannover bestätigen diese blätterförmige Kreuzung, sehen aber daneben ungekreuzt zum Auge derselben Seite verlaufende Seitenbündel. C. F. Wendt stimmt diesem Kreuzungsmodus bei, nur für Rana temporaria behauptet er eine einfache kreuzweise Uebereinanderlagerung wie bei den Fischen. Biesiadecki und Michel vertreten dagegen wieder die vollkommene Kreuzung mit Spaltung in mehreren Blättern; Letzterer hat besonders aus Horizontalschnitten durch das Chiasma des Frosches die Ueberzeugung von diesem Verhalten gewonnen. Schnitte in dieser Richtung geben nun allerdings ganz vortreffliche Bilder, welche wohl kaum Zweifel an der vollkommenen Kreuzung gestatten; das überaus zierliche Geflecht jedoch, welches die feinen Nervenfasern des Frosches in Chiasmen bilden, schien mir sehr wenig für die im Grunde doch ziemlich grobe, blätterförmige Theilung der Sehnerven und für die Lagerung dieser Blätter, ähnlich „den durchgeschobenen Fingern beider Hände", zu sprechen. Wenn sich wirklich jeder Sehnerv nur in 3 bis 4 Blätter spaltete, wie bisher angenommen wurde, konnte ein genau horizontal gelegter Schnitt nicht ein so zierliches Netzwerk unter dem Mikroskop zeigen. Ich legte nun einen Schnitt durch den einen Sehnerven und den Tractus der entgegengesetzten Seite parallel seiner Längsachse, so den anderen Sehnerven fast senkrecht treffend; ich sage: fast senkrecht, weil beim Frosche die Kreuzung der Sehnerven in der Art geschieht, dass der vordere und der hintere Winkel des Chiasma's stumpf sind und in Folge dessen der Längsschnitt durch den einen

Nerven den andern etwas schräge durchschneidet, allerdings nicht bedeutend von der Senkrechten abweichend. Wie ich erwartet hatte, zeigte dieser Schnitt ein von dem einfachen Typus der blätterförmigen Kreuzung, der Spaltung der Nerven in 3, resp. 4 Plättchen, ziemlich abweichendes Bild. Jeder Nerv theilt sich zum Zweck der Durchkreuzung mit den anderen in zahlreiche kleine Bündelchen, indem zwischen je 2, in dem Präparate querdurchschnittenen Nervenfaserbündeln des einen, sich hier ein Bündel des anderen Nerven von 3, dort nur von 2 Faserbreiten Durchmesser durchwindet; oft sind es sogar nur ganz isolirt verlaufende Fasern, welche die Querschnitte trennen. Der unteren Fläche des Chiasma zu findet die Kreuzung in grösseren, der oberen Fläche zu immer kleineren Bündelchen statt. Die Querschnitte zeigen bei der angewandten Vergrösserung von 440 (Winkel, Ocular IV. Objectiv 5) ein fein punktirtes Aussehen; sie sind überall spindelförmig, mehr oder weniger in die Länge gezogen. Fig. 5 zeigt den beschriebenen Schnitt, dem Chiasma einer Rana esculenta entnommen.

Versuche, durch Enucleation eines Bulbus bei Fröschen Atrophie des betreffenden Sehnerven und des Tractus opticus zu erzielen, misslangen vollständig. Drei erwachsene Ranae esculentae, an denen am 21. März diese Operation ausgeführt wurde, zeigten, am 23. Mai getödtet, also nach 9 Wochen, noch nicht die geringste Spur von beginnender Atrophirung der Sehnerven.

Ausser dem Chiasma der Rana esculenta untersuchte ich noch dasjenige von Bufo cinereus und Emis europaea und fand sich hier ein bis ins Einzelne ganz analoges Verhalten der Sehnervenkreuzung.

Chiasma der Vögel.

Für das Chiasma der Vögel beschrieben schon Carus und Meckel die vollständige blätterförmige Kreuzung; Joh. Müller vertrat die Semidecussation auch hier, wäh-

rend Hannover ausser dem Fasciculus dexter und sinister noch eine Commissura arcuata posterior aufstellte. Biesiadecki und Michel bestätigen die vollständige Kreuzung ohne hintere und seitliche Commissuren. Carus findet jeden Nerven gewöhnlich in 8 Blätter getheilt; Meckel berichtet für das Chiasma der Gans eine Spaltung in 7 bis 8, für den Truthahn in 4 und für die Krähe in 14 bis 15 Blätter. Bei den Chiasmen der Taube, des Huhns und der Ente fand ich eine Spaltung jedes Nerven in 8 bis 12 Blätter; diese Unbeständigkeit der Zahl ist bedingt dadurch, dass die zu oberst und unterst durch das Chiasma gehenden kleineren Bündel an einigen Exemplaren in eins oder zwei zusammengeflossen, in anderen durch Fasern des sich mit ihnen kreuzenden Nerven getrennt für sich verlaufen. Es gelang mir durch einen, ebenso wie beim Froschchiasma in der Längsrichtung des einen, senkrecht auf den anderen Sehnerven geführten Schnitt (s. Fig. 6), ein vollkommen klares Bild der anatomischen Verhältnisse des Vogelchiasma zu gewinnen. Der gerade Verlauf der Fasern durch das Chiasma vom Tractus zum zugehörigen Nerven ermöglicht dies Verfahren bei allen Vögeln. Der durch die Figg. 6 bis 8 dargestellte Schnitt zeigt die Art und Weise der Durchkreuzung deutlich; schon mit blossem Auge lässt sich die blätterförmige Theilung auf das Schönste erkennen. Jeder Sehnerv theilt sich in eine gewisse Anzahl von Platten, die der des anderen gleich ist, oder doch nur um eins differirt. Auf jedem Durchschnitt eines jeden Chiasma in der angegebenen Richtung findet sich das gleiche Verhalten; die 3 oder 4 mittleren Blätter übertreffen die übrigen bedeutend an Dicke; auch ihre Breite überragt die der anderen in hohem Grade, fast das 3fache der oberen und unteren Blätter betragend.

Von der vollständigen Kreuzung ohne Seitenfascikel überzeugt man sich leicht unter Zuhülfenahme des Ocular-Mikrometers; auf allen Schnitten parallel dem eben beschriebenen, nach dem centralen Ende des quer-

durchschnittenen Nerven zu, bleibt die Breite der einzelnen quergetroffenen Blätter dieselbe bis in den Tractus opticus hinein, dessen Querschnitte die gleiche Breitendimension haben, so dass keine seiner Fasern von dem Durchtritt durch die des anderen ausgeschlossen sein können. Die in der Längsrichtung ihrer Fasern getroffenen Platten verlieren auf den weiteren Schnitten, parallel der Linie in Fig. 6 zuerst sehr allmälig, zuletzt aber sehr schnell an Höhen-Dimension, bis wir zu Schnitten gelangen, die nur noch quergetroffene Fasern zeigen.

Flächenschnitte durch das Chiasma, genau in der Horizontalebene desselben geführt, bestätigen diese Befunde durchaus, indem wir bei günstiger Schnittführung nahe der Grenze zwischen zwei Blättern von verschiedenem Nervenstamm, in der Lage sind, bei der ersten Einstellung des Mikroskops vielleicht nur Fasern zu sehen, die vom rechten Tractus zum linken Nerven gehen, während eine geringe Drehung der Einstellungsschraube in unserem Präparat dagegen nur Fasern zeigt, welche vom linken Tractus zum rechten Nerven verlaufen. Andere ebenfalls genau horizontal geführte Schnitte zeigen im Chiasma nur Fasern, welche von rechts nach links, oder nur solche, die von links nach rechts verlaufen, je nachdem das gerade getroffene Blatt dem linken oder rechten Sehnerven angehört. Dies Verhalten findet sich nur auf Schnitten durch, oder doch annähernd durch die Mitte des Chiasma, da nur hier die Blätter stark genug sind, um Schnitte mit einer Richtung des Faserlaufes zu gestatten.

Im Wesentlichen stimmen hiermit die Angaben von Biesiadecki überein; nicht so diejenigen von Michel. Die Bilder, welche Michel [1]) findet für das Chiasma von Buteo vulgaris, das, wie er selbst angiebt, mit demjenigen von Huhn und Taube in anatomischer Anordnung übereinstimmt, sind auf ganz genau horizontal geführten

[1]) Archiv f. Ophth. XIX. 2. Taf. I. Fig. 1 und 2.

Schnitten nicht möglich; hier sind nur Bilder möglich, wie ich sie oben beschrieben habe. Dieses zierliche Geflecht von schmäleren und breiteren Bündeln, welches die Bilder von Michel zeigen, konnte ich auf keinem meiner Präparate finden; im äussersten Falle sah ich auf Schnitten an der Grenze zweier Platten eine Anordnung von Fasern, welche allerdings bei oberflächlicher Betrachtung ein Geflecht von Bündeln verschiedener Breite vortäuschen konnte. Es war auf dem betreffenden Schnitte (Fig. 9) ein kleiner Theil der Fasern einer Platte des zum rechten Auge gehenden Nerven noch eben mitgetroffen, und erschien dieser in der, Fig. 9 angegebenen Weise über die Fasern des anderen Nerven hingelagert. Aehnliche Schnitte, wenn sie etwas von der genauen Horizontalrichtung abweichen, können allerdings Bilder liefern, wie Michel sie gesehen hat, besonders in den oberen und unteren Schichten des Chiasma, wo die einzelnen Platten weniger dick sind. Auf wirklichen Horizontalschnitten halte ich sie bei der anatomischen Anordnung der Platten beider Sehnerven nicht für möglich.

Dagegen kann ich Michel's Angaben in Betreff der sogenannten hinteren Commissur vollkommen bestätigen. Es finden sich nämlich absolut keine commissurenartig verlaufende Fasern im hinteren Chiasmawinkel, welche zur Masse der Sehnerven gerechnet werden könnten. Es geht dies schon hervor aus dem Verhalten der Schnitte, welche in der Längsrichtung des einen Nerven senkrecht auf den anderen geführt wurden, und wird durch Flächenschnitte fast noch klarer erwiesen. Der Streifen markhaltiger Nervenfasern, der dem hinteren Chiasmawinkel fast concentrisch, nach vorne convex, verläuft, ist durch graue Hirnsubstanz vom Chiasma und den Sehnerven deutlich getrennt, besonders in der Medianlinie und seitwärts in der Nähe derselben durch einen ziemlich breiten, fast regelmässig dreieckigen Raum, der durch graue Gehirnmasse ausgefüllt ist. Auch auf der Strecke, welche dieser

Markstreifen mit den Tractis opticis fast parallel läuft, ihnen nahe anliegend ohne dazwischentretende graue Substanz, ist noch deutlich eine Abgrenzung zwischen beiden zu erkennen. Zugleich sieht man hier, jedoch deutlich nur auf Schnitten, genau der Mitte des Chiasma entsprechend, wie die Enden oder die Ursprünge dieser markhaltigen Nervenfasern sich in die graue Hirnsubstanz verlieren oder aus ihr hervortreten. Schnitte, welche der Mitte des Chiasma weniger nahe, nach oben oder unten von ihr liegen, geben für den Markstreifen ein Bild, wie es Michel auf seiner Fig. 2 für Buteo vulgaris gefunden hat. Es muss jedoch bemerkt werden, dass man nur etwa 5 bis 6 Flächenschnitte aus einem Chiasma herstellen kann, welche Fasern aus dem erwähnten Markstreifen erkennen lassen; die obersten und untersten Theile derselben zeigen nur noch einen ganz schmalen Bogen von Fasern, der sich dann auch viel weniger weit nach hinten erstreckt, wie auf den mittleren Schnitten.

Ein durchaus gleiches Verhalten findet sich bei den Chiasmen auch der übrigen von mir untersuchten Vögel; bei Ente, Eule, Dohle und Gabelweihe; die obigen Resultate sind theils den Schnitten aus dem Chiasma eines Huhns, theils denen von einer Taube entnommen. Verschiedenheiten sind nur insofern vorhanden, als die Zahl und Dicke der einzelnen Platten schwankend ist. Bei der Ente finden sich nur 4 bis 5 dicke Platten, bei der Eule 9 bis 10 dünnere, bei der Gabelweihe 11 bis 12, bei der Dohle sogar 17 bis 18 sehr dünne Plättchen. Es scheint diese Verschiedenheit in gewissem Grade zusammenzuhängen mit der geringeren oder stärkeren Stirnstellung der Augen, wenigstens trifft sie damit zusammen.

Chiasma der Säugethiere.

Ich untersuchte die Chiasmen von Kalb, Schaf, Kaninchen, Hund und Katze.

Auf Horizontalschnitten zeigte sich bei diesen Thieren

überall eine Durcheinanderflechtung der Nervenfasern in Bündeln von verschiedener Breite, indem bald die Fasern des einen Tractus bedeckt erschienen von denen des anderen, bald wieder jene über diese hinweggingen, einem etwas unregelmässigen Korbgeflecht ähnelnd, oder eher einer Schachbrettfigur vergleichbar, in der bald hier, bald dort zwei in einander geflossene Felder gleicher Farbe die regelmässige Anordnung der Quadrate unterbricht. Mir fiel hierbei eine gewisse Verschiedenheit unter den untersuchten Chiasmen auf, indem bei Kaninchen, Kalb und Schaf das Geflecht aus ziemlich groben Bündeln zusammengesetzt war, und das Bild der Durchflechtung ein unregelmässiges Durcheinander von bald grösseren, bald kleineren Feldern, dem einen oder dem anderen Sehnerven angehörig, darbot. Feiner erschienen schon diese Bündel beim Hunde. Viel zarter und schmäler zeigten sich jedoch die Faserbündel bei der Katze; auch erschien in Folge dessen das Flechtwerk viel regelmässiger und zierlicher. Diese Flächenschnitte vermögen nun zwar ein sehr schönes und anschauliches Bild zu liefern von dem Verhalten der wirklich sich kreuzenden Nervenfasern; sie stellten jedoch mir wenigstens das Dasein etwa vorhandener commissurenartig verlaufender Fasern nicht ganz ausser Frage, während sie allerdings wohl im Stande sein mögen, geübteren Mikroskopikern, als ich zu sein behaupten kann, genügend klare Anschauung von dem Sachverhalt zu geben. Ich verwandte deshalb auch hier den schon beim Chiasma der Frösche und der Vögel mit Erfolg versuchten Schnitt in der Längsrichtung des einen Tractus senkrecht auf den anderen, was mir auch hier leicht ausführbar erschien, da die Fasern in ihrem Verlauf vom Tractus der einen zum Nerven der anderen Seite durch das Chiasma fast genan in gerader Linie verlaufen. Man gewinnt so ein dem Verhalten des Vogelchiasma auf diesem Schnitte ganz analoges Bild, allerdings mit dem Unterschied, dass die Durchsetzung des einen Nerven durch den andern in ungleich

feineren, mit blossem Auge kaum noch erkennbaren Bündeln vor sich geht. Ohne Mikroskop sieht man an dem Chiasma des Kalbes, da, wo der Schnitt den einen Nerven quer getroffen hat, nur eine etwas verwaschene Zeichnung fast von marmorirtem Aussehen, feine helle Streifchen mit kleinen, spindelförmigen, dunkleren Partieen untermischt. (Fig. 10.) Beim Schaf sehen wir etwas ganz Aehnliches, ebenso beim Kaninchen, während beim Hund und bei der Katze diese Zeichnung erst bei einer geringen Vergrösserung hervortritt, und auch dann noch weniger ausgesprochen, als bei den erst genannten Thieren, wo sie mit blossem Auge erkennbar ist. Die mikroskopische Untersuchung ergab darauf, dass bei Kalb, Schaf und beim Kaninchen die Nerven sich in viel gröbere Bündel von Fasern theilen, die sich bei der Kreuzung unter einander verflechten, als beim Hund und besonders bei der Katze. Beim Kaninchen findet sich sogar stellenweise eine fast plattenförmige Anordnung der querdurchschnittenen Fasern, welche sehr an das Verhalten bei den Vögeln, besonders bei der Gabelweihe und der Dohle erinnert.

Mir scheint diese Verschiedenheit in der Grösse der einzelnen Faserbündel eng zusammenzuhängen mit dem Verhalten der Gesichtsfelder der Augen jedes einzelnen Thiers zu einander. Die Stellung der Augen ist beim Kaninchen und beim Schaf eine derartige, dass ein Correspondiren auch nur minimster peripherischer Theile des Gesichtsfeldes vollkommen ausgeschlossen werden kann; auch beim Rind ist wohl nur, wenn überhaupt, ein ganz minimer Theil in der Peripherie des einen Gesichtsfeldes im Stande, sich mit dem entsprechenden Theil des anderen Gesichtsfeldes zu decken. Anders verhält sich die Sache beim Hund und bei der Katze, wo die Lage der Augen, an der Vorderfläche des Kopfes und nach vorne gerichtet, annehmen lässt, dass ein grosser Theil des peripherischen Gesichtsfeldes, vielleicht der grössere Theil, correspondirt. Wir werden sehen, dass beim Menschen, wo beide Augen nur ein

gemeinschaftliches Gesichtsfeld haben, die Theilung der Faserbündel im Chiasma eine noch viel feinere und weiter gehende ist, als beim Hund und bei der Katze, wenn auch schon bei der Katze die Feinheit dieser Theilung sich der beim Menschen gefundenen annähernd gleich erweist. Um aus diesen Befunden, welche unter den Säugethieren eine gewisse, nach der Feinheit der Fasertheilung im Chiasma aufzustellende Reihenfolge von den niederen bis zu den höchsten Thieren, bis zum Menschen gestatten, die übereinstimmen würde mit einer anderen Stufenleiter, an deren Fuss die Säugethiere stehen, deren Gesichtsfelder einander vollständig ausschliessen, deren Spitze der Mensch mit seinem völlig gleichnamigen Sehfelde einnehmen würde, — um aus diesen Befunden Schlüsse für die physiologischen Unterschiede der Sehnerven bei identischem und nicht correspondirendem Sehfelde ziehen zu wollen, sind diese Untersuchungen allerdings noch bei Weitem nicht ausreichend; es möge genügen, an dieser Stelle auf die anatomischen Unterschiede aufmerksam gemacht zu haben, Unterschiede, die an sich schon deutlich genug hervortreten, durch Messungen mit dem Ocularmikrometer aber zur Evidenz erwiesen werden können.

Schnitte, welche parallel den erwähnten durch das Chiasma gelegt werden bis zu dem Eintritt des Tractus opticus in das Chiasma, bestätigen das Vorhandensein einer vollständigen Kreuzung. Wären ungekreuzt auf derselben Seite bleibende Seitenfascikel da, so müsste ein Querschnitt durch den Tractus opticus, da, wo er noch unvermischt mit den Längsfasern des anderen Tractus getroffen wird, breiter sein als die ersten Schnitte, welche schon Fasern des anderen Nerven in ihrer Längsrichtung zeigen. So aber ist der Querschnitt an der erwähnten Stelle nicht nur nicht breiter, sondern sogar noch um ein nicht Unbeträchtliches schmäler, als der Bezirk, auf welchem sich die Querschnitte der schon getheilten Nervenbündel befinden. Ich halte somit die vollständige Kreuzung der Seh-

nerven ohne irgend welche Commissuren im Chiasma der Säugethiere für erwiesen.

Angeregt durch die Versuche von Brown-Séquard, Mandelstamm und Michel, durch Aufhebung der Function des einen oder des anderen Sehnerven Atrophirung desselben herbeizuführen, unternahm ich zu demselben Zwecke Enucleationen des einen Bulbus an mehreren Thieren, zunächst an Kaninchen von verschiedenem Alter. Einem erwachsenen Kaninchen wurde am 28. März der linke Bulbus enucleirt; bei der Untersuchung des Chiasma am 30. Mai, also nach 9 Wochen, war noch keine Spur einer beginnenden Atrophie bemerkbar, selbst nicht am peripherischen Ende des Sehnerven dicht am Foramen opticum. 2 Kaninchen von 8 Wochen, denen am 21. März je ein Bulbus enucleirt war, zeigten nach 3 Wochen bereits eine mit blossem Auge erkennbare Volumenabnahme des betreffenden Sehnerven bis zum Chiasma hin; im Chiasma selbst war jedoch von der Atrophie noch Nichts nachzuweisen. 2 Kaninchen von 3 Wochen, denen ebenfalls ein Bulbus excidirt wurde, am 29. März, wurden getödtet am 11. April, resp. am 1. Mai. Das erstere zeigte Atrophie des Sehnerven bis zum Chiasma hin, bei dem anderen begannen auch die das Chiasma durchsetzenden Fasern dieses Sehnerven Spuren von Atrophie, nämlich etwas gezackte und unregelmässige Contouren, zu zeigen. Makroskopisch war bedeutende Abnahme der Dicke des betreffenden Sehnerven zu constatiren, indem er nur etwa die Hälfte des Durchmessers des anderen hatte.

Ein besseres Resultat wurde erzielt an zwei Katzen, denen etwa eine Stunde post partum das linke Auge enucleirt wurde. Die am 11. April geborenen Thiere wurden getödtet am 7. Mai, also nur 26 Tage nach der Operation. Trotzdem zeigten sich bereits sehr grosse Unterschiede in den Dimensionen der beiden Sehnerven, indem der linke Sehnerv kaum $^1/_3$ des Volumens des rechten besass; die Atrophie liess sich auch über das Chiasma hinaus auf den

rechten Tractus opticus verfolgen, wie Fig. 13 erkennen lässt. Die mikroskopische Untersuchung von Horizontalschnitten durch das Chiasma, welche einfach mit sehr verdünntem Carminammoniak gefärbt waren, liess ausser dem auch schon mit blossem Auge wahrgenommenen Volumsunterschiede keine Abweichung vom Normalen erkennen; Hämatoxylintinction liess die Contouren der Nervenfasern etwas mehr hervortreten und zeigten jetzt die Fasern des linken Sehnerven und des rechten Tractus vielfache Einschnürungen und sehr unregelmässige Ausbuchtungen ihres Neurilemms. Auch das Geflecht der Nervenfasern im Chiasma selbst erschien durch die Veränderungen in dem einen Theil derselben weniger regelmässig geordnet. Dieser für die so kurze Zeit, welche zwischen Operation und Untersuchnng verflossen war, sehr befriedigende Erfolg scheint mir ebenfalls für vollständige Kreuzung zu sprechen. Eine längere Zeit, etwa 1—2 Jahre, welche man zwischen Enucleation und Untersuchung vergehen liesse, müsste einen ganz unbestreitbaren Beweis für die vollständige Kreuzung erbringen, wenn man ebenfalls neugeborene Katzen, bei denen ja die Sehnerven noch gar nicht in Thätigkeit getreten sind, zu diesem Experiment verwendete; vielleicht vermöchte eine hiedurch erzielte vollständige Atrophie des einen Tractus bis in das Gehirn hinein noch manches Licht geben für die genauere Erforschung der Sehnervenursprünge. Eine Vergleichung der atrophirten Partien der einen Seite des Gehirns mit den gleichnamigen, normal functionirenden und ernährten Theilen der anderen Seite müsste meiner Meinung nach recht anschauliche Bilder zu liefern im Stande sein. Wir kommen nun zum

Chiasma des Menschen.

Zur Untersuchung desselben sind nur Präparate zu verwenden, welche möglichst frisch, noch vor dem Erkalten, aus der Leiche herausgenommen sind; Chiasmen, welche später als 8 bis 10 Stunden post mortem

in die Conservirungsflüssigkeit gelegt wurden, bieten für die Einwirkung der zur mikroskopischen Untersuchung nöthigen Imbibitions- und Tinctionsmethoden weit weniger günstige Verhältnisse, als ganz frisch genommenes Material. Die Behandlungsweise, welcher die menschlichen Chiasmen und auch die der Säugethiere unterzogen wurden, ist in Kürze folgende: die längstens 3 bis 5 Stunden post mortem erhaltenen Präparate wurden 14 Tage lang in Müller'sche Lösung gelegt, darauf mehrere Tage lang in oft erneuertem Quellwasser ausgespült und dann zur Erhärtung etwa 14 Tage in absolutem Alcohol aufbewahrt. Die nach dieser Zeit sehr schön gehärteten Chiasmen lieferten sehr gute Schnitte, welche nach kurzer Auswässerung einige Minuten in Palladiumchlorid 1 : 1000 gelegt, nach nochmaliger Auswässerung in Carminammoniak gefärbt, und nachdem überflüssige Reste der Färbungsflüssigkeit abgespült, in absolutem Alcohol entwässert und gehärtet wurden; zur Aufhellung der Präparate diente Nelkenöl.

Horizontalschnitte durch das menschliche Chiasma zeigen, aus der untersten Fläche desselben entnommen, zunächst eine dünne Lage von Nervenfasern, welche direct von hinten, vom Tuber cinereum, nach vorne zum vorderen Chiasmawinkel verlaufen, der Hannover'schen Commissura ansata entsprechend; zu beiden Seiten dieser schmalen Faserbrücke finden wir jedoch noch Fasern, welche ebenfalls vom Tuber cinereum entspringend, mit den sagittal ziehenden Fasern einen sehr spitzen Winkel bilden und über die untere Fläche des Chiasma hin zu dem der Seite ihres Ursprungs entsprechenden Nervus opticus treten. Die Dicke dieser Lage beträgt 2 bis 3 Faserbreiten, wie wir an Schnitten sehen, welche in der Richtung der in Fig. 14 mit c d bezeichneten Linie geführt werden. Die nächstfolgenden Horizontalschnitte zeigen bereits die Fasern beider Tracti in ihrer Kreuzung und Verflechtung mit einander; das schönste und deutlichste Bild erhalten wir jedoch auf Schnitten durch die Mitte des Chiasma, welche auch mir

die Ueberzeugung von dem Nichtvorhandensein einer hinteren, sowie einer vorderen Commissur gaben. Dagegen konnte ich mir nicht verhehlen, dass die Seitenwinkel des Chiasma in ihrer Erscheinung auf dem Flächenschnitt eben so gut für das Vorhandensein eines, wenn auch dünnen, Seitenfascikels sprachen, wie für die vollständige Kreuzung, da es mir nicht gelang, einen genügend klaren Schnitt in dieser Region zu gewinnen. Horizontalschnitte aus der oberen Fläche des Chiasma ergaben wieder ganz ähnliche Bilder, wie die der unteren Fläche, indem ebenso wie unten aus dem Tuber cinereum, hier Fasern von der Lamina cinerea terminalis auf das Chiasma übertreten und sich ebenfalls an den ihrer Ursprungsstelle entsprechenden Sehnerven anlegen. Schnitte in der Richtung von c d zeigen diese Fasern, sowie die der unteren Fläche sehr schräg durchschnitten, und zwar gleichfalls nur in sehr dünner Lage.

Um mich über das Vorhandensein seitlicher, ungekreuzt bleibender Fasern zu orientiren, versuchte ich einen ähnlichen Schnitt, wie er mir schon bei Fröschen, Vögeln und bei den niederen Säugethieren gute Resultate gegeben hatte. Der geschwungene Verlauf der Fasern im Chiasma erschwerte die Ausführung jedoch und erhielt ich nur wenig zufriedenstellende Bilder, ganz demjenigen ähnlich, welches Henle in seiner Nervenlehre, in der Auflage von 1873, pag. 346 unter Fig. 230 a gegeben hat. Frontalschnitte und Sagittalschnitte konnten aus den Eingangs dieser Arbeit angeführten Gründen noch weniger Aussicht auf Erfolg gewähren. Ich ging deshalb bei weiterer Untersuchung von der Sagittallinie aus, nachdem das Chiasma durch einen Schnitt in dieser Linie in zwei seitliche Hälften getheilt war. Von hier aus wurden in der linken Hälfte keilförmige feine Schnitte ausgeführt, deren Basis dem vorderen Chiasmawinkel und im weiteren Fortschreiten nach links dem Nervus opticus entnommen wurde, bis zuletzt dieselben der Linie c d parallel ausfielen. Ebenso wurde in der rechten Hälfte verfahren, nur mit dem Unter-

schiede, dass hier die Basis der keilförmigen Schnitte nach hinten gerichtet war. Alle diese verschiedenen Bilder bestätigten die Ergebnisse der Horizontalschnitte für das Fehlen vorderer und hinterer Commissuren. Die letzten Schnitte, welche schon den Nervus opticus, resp. den Tractus opticus mittreffen, zeigen schon eine solche Breite des Faserkreuzungsbezirks, dass seitlich von jedem Tractus etwa abgehende Fasern jedenfalls in nur sehr spärlicher Masse vorhanden sein können. Die weiteren, den Linien a b und c d in Fig. 14 parallel geführten Schnitte bis zu dem äusseren Winkel des Chiasmas hin lassen erkennen, dass die Kreuzung auch hier noch in einem Gebiete vor sich geht von derselben Breite, wie weiter nach innen, und zwar ist dies der Fall auch auf den äussersten Schnitten dicht am Eintritt des linken Tractus, resp. Austritt des rechten Sehnerven aus dem Chiasma. Seitliche Commissuren könnten nun allenfalls noch vorgetäuscht werden durch die vom Tuber cinereum und der Lamina cinerea terminalis kommenden Nervenfasern; hat man jedoch diese durch Flächenschnitte zuvor entfernt, so findet man auf den Schnitten parallel a b und c d in den äusseren Winkeln keine commissurenartig laufende Fasern mehr. Von dem vorderen Chiasmawinkel, der in Fig. 14 mit a bezeichnet ist, ausgehend, finden wir zunächst eine den Rand umgebende dünne Lage von Fasern der sog. Commissura ansata, sodann folgen Fasern, beiden Sehnerven angehörend, welche nahezu unter gleichem Winkel schräg getroffen sind, weiterhin einem bunten Gewirr von längs und quer durchschnittenen Nervenfasern Platz machend, bis zuletzt dem Tractus opticus zu nur noch Längsfasern dieses Tractus gesehen werden. Aus der Partie dieses Schnittes, welche, etwa in der Mitte des Chiasmas ein wenig zur Seite von derselben liegend, das regelmässigste Bild abwechselnder Längs- und Querschnitte bietet, ist Fig. 15 entnommen. Die Querschnitte zerfallen bei 440facher Vergrösserung noch in mehrere, 3, 4 oder 5 Felder, welche durch

Längsfasern von einander getrennt sind und nur aus wenigen quer durchschnittenen Nervenfaserbündelchen bestehen. Wir sehen also beim Menschen die Kreuzung im Chiasma fast in der feinsten, nur denkbaren Zertheilung der Faserbündel vor sich gehen, hierin alle übrigen Säugethiere übertreffend.

Nachdem ich so, wie ich glaube, auch beim Menschen die vollständige Kreuzung aller Fasern des einen Tractus opticus mit denen des anderen nachgewiesen habe, wenn auch allerdings die vom Tuber cinereum und der Lamina terminalis cinerea auf das Chiasma übergehenden Fasern auf der ihrem Ursprung zunächst liegenden Seite der Sehnerven bleiben, kann ich die Resultate meiner Untersuchungen in Kürze dahin zusammenfassen:

1. Bei allen Wirbelthieren besteht vollständige Kreuzung aller Nervenfasern des einen Tractus opticus mit denen des anderen ohne irgend welche seitliche, vordere oder hintere, dem Chiasma oder den Tractis opticis angehörige Commissuren.

2. Beim Menschen finden sich ausser den sich vollständig kreuzenden Fasern der Tracti optici noch Nervenfasern, die vom Tuber cinereum und der Lamina terminalis cinerea auf die untere und obere Fläche des Chiasma übergehend, sich zum Theil zum Sehnerven der ihnen zunächst gelegenen Seite wenden, zum Theil die Commissura ansata bilden.

3. Je höher wir unter den Säugethieren zum Menschen aufsteigen, je feiner organisirt die betreffende Säugethierklasse erscheint, desto complicirter werden die Verhältnisse im Chiasma, desto vielfältiger theilt sich jeder Sehnerv bei seinem Durchtritt durch den Sehnerven der anderen Seite, bis wir auf der höchsten Stufe, beim Menschen, schliesslich eine so weit gehende Theilung der Sehnerven bei ihrer Durchkreuzung mit einander finden, dass fast jede Nervenfaser einzeln sich mit den einzelnen Nervenfasern der anderen Seite kreuzt und durchflicht.

Am Schlusse meiner Arbeit kann ich nicht unterlassen, den Herren Professoren v. Zehender und Merkel an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit, mit der sie mich durch Rath und That jederzeit unterstützt haben. Insbesondere fühle ich mich Herrn Professor Merkel verpflichtet, der mir bereitwilligst gestattete, im hiesigen anatomischen Institute meine Untersuchungen anzustellen und mir die nöthigen Hülfsmittel zu histiologischen Arbeiten zu Gebote stellte.

Erklärung der Tafeln.

Figg. 1 und 2. Chiasma von Clupea harengus. Die Lobi olfactorii entfernt; von oben gesehen.

Fig. 3. a. Hintere Commissur bei Abramis brama. b. Schräg durchschnittene Sehnervenfasern. c. Höhle des dritten Ventrikels. Flächenschnitt unmittelbar über der Basis des Gehirns.

Fig. 4. Chiasma von Abramis brama.

Fig. 5. Schnitt in der Längsrichtung des einen Nerven senkrecht auf den anderen. Rana esculenta. Vergrösserung 440. Winkel Ocular IV. Objectiv V.

Figg. 6 bis 8. Schnitte durch das Chiasma des Huhns in der Richtung der in Fig. 6 angegebenen Linie. Fig. 7 3fache Grösse. Fig. 8 Vergrösserung 60.

Fig. 9. Flächenschnitt durch das Chiasma der Taube. a. Hintere Commissur.

Fig. 10. Schnitt durch das Chiasma eines Kalbes, in der Längsrichtung eines Nerven, senkrecht auf den anderen. Natürl. Grösse.

Fig. 11. Derselbe in 20facher Vergrösserung.

Fig. 12. Ein Theil desselben, 100 mal vergrössert.

Fig. 13. Basis eines Katzengehirns. 2/1. Die Seitenventrikel etwas zurückgeschlagen, um die Tracti optici besser zu zeigen.

Fig. 14. Menschliches Chiasma. a. vorderer, b. hinterer Chiasmawinkel.

Fig. 15. Aus dem menschl. Chiasma 440/1.

Vita.

Am 2. Mai 1849 zu Ravensberg bei Neu-Buckow im Grossherzogthum Mecklenburg-Schwerin geboren als Sohn des damaligen Domanial-Pächters Ferdinand Scheel, wurde ich bis zum 9. Lebensjahre im Elternhause unterrichtet. Von Johannis 1858 an besuchte ich das Gymnasium zu Rostock, welches ich nach bestandener Maturitätsprüfung Ostern 1868 verliess, um mich dem Studium der Medizin zu widmen. Im Sommersemester 1868 studirte ich in Rostock, wo ich die Vorlesungen der Herren Professoren F. F. Schulze, Karsten, Aubert, Röper und F. E. Schulze besuchte. Von Michaelis 1868 bis Ostern 1870 war ich darauf in Tübingen, wo ich die Vorlesungen der Herren Professoren v. Luschka, Dursy, v. Vierordt, Strecker, Hoppe-Seyler und v. Leydig hörte. Ostern 1870 ging ich wieder nach Rostock und besuchte hier die Vorlesungen und Kliniken der Herren Professoren Henke, Aubert, Ackermann, Winckel, König, Thierfelder, v. Zehender, Merkel, Schatz und des Herrn Privatdocenten Dr. Brummerstaedt. Vom September 1870 bis zum Mai 1871 war ich in dem unter Leitung des Herrn Prof. Dr. Thierfelder stehenden Reservelazareth zu Rostock beschäftigt; während dieser Zeit, am 13. März 1871, bestand ich das Tentamen physicum. Vom 1. November 1872 bis Ostern 1873 war ich als Protokollant in der Klinik des Herrn Prof. Dr. Thierfelder thätig. Ostern 1873 erhielt ich die Stelle eines Assistenzarztes an der Augenklinik des Herrn Prof. Dr. v. Zehender, in welcher Stellung ich bis Michaelis 1874 blieb. Während der Zeit vom 4. November 1873 bis zum 20. Januar 1874 bestand ich das Staatsexamen und wurde am 24. Juni auf Grund dieses Examens und der vorstehenden Abhandlung über das Chiasma nervorum opticorum von der medizinischen Fakultät der Universität Rostock zum Doctor der Medizin promovirt.